

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

J1017 U.S. PTO
10/084495
02/28/02

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 9月13日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-278579

[ST.10/C]:

[JP2001-278579]

出 願 人

Applicant(s):

石田 清仁

独立行政法人産業技術総合研究所

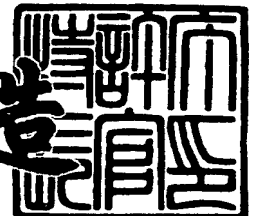
及川 勝成

大同特殊鋼株式会社

2002年 1月18日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3117030

【書類名】 特許願
【整理番号】 AX0130101D
【提出日】 平成13年 9月13日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 C22C 38/00
【発明者】

【住所又は居所】 宮城県仙台市青葉区上杉 3 - 5 - 2 0

【氏名】 石田 清仁

【発明者】

【住所又は居所】 宮城県柴田郡柴田町西船迫 4 - 1 - 3 4

【氏名】 及川 勝成

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市南区大同町 2 丁目 3 0 番地 大同特殊鋼
株式会社 技術開発研究所内

【氏名】 清水 崇行

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市南区大同町 2 丁目 3 0 番地 大同特殊鋼
株式会社 技術開発研究所内

【氏名】 尾崎 公造

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市南区大同町 2 丁目 3 0 番地 大同特殊鋼
株式会社 技術開発研究所内

【氏名】 松田 幸紀

【特許出願人】

【識別番号】 591149229

【氏名又は名称】 石田 清仁

【特許出願人】

【識別番号】 301021533

【氏名又は名称】 独立行政法人産業技術総合研究所

【特許出願人】

【識別番号】 599125467

【氏名又は名称】 及川 勝成

【特許出願人】

【識別番号】 000003713

【氏名又は名称】 大同特殊鋼株式会社

【代理人】

【識別番号】 100095751

【弁理士】

【氏名又は名称】 菅原 正倫

【電話番号】 052-212-1301

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2001- 60782

【出願日】 平成13年 3月 5日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003388

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9709416

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 快削性工具鋼

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 主成分としての Fe と、0.001～0.6 質量%の C を含有し、

さらに、6 質量%以下の範囲内にて Ni を含有し、5 質量%以下の範囲内にて Cu を含有し、3 質量%以下の範囲内にて Al を含有する工具鋼であって、

さらに Ti の含有量を WTi (質量%)、Zr の含有量を WZr (質量%)として、 X (質量%) = $WTi + 0.52 WZr$ が 0.03～3.5 質量%となるように Ti と Zr とのいずれかを含有し、

さらに、S の含有量を WS (質量%)、Se の含有量を WSe (質量%)、Te の含有量を WTe (質量%)として、 Y (質量%) = $WS + 0.4 WSe + 0.25 WTe$ が 0.01～1 質量%となるように S と Se と Te とから選ばれる 1 種又は 2 種以上を含有し、

かつ、Ti 及び／又は Zr を金属元素成分の主成分とし、該金属元素成分との結合成分として、C を必須とし、S、Se 及び Te の少なくともいずれかを含有する快削性付与化合物相が組織中に分散形成されていることを特徴とする快削性工具鋼。

【請求項 2】 前記 X 及び前記 Y の値が、 $1 \leq X/Y \leq 4$ となるように定められている請求項 1 記載の快削性工具鋼。

【請求項 3】 前記快削性付与化合物相は、組成式 $M_4 Q_2 C_2$ (ただし、M は Ti 及び／又は Zr を主成分とする金属元素成分、Q は S、Se 及び Te の少なくともいずれか) にて表される化合物相を主体とするものである請求項 1 又は 2 に記載の快削性工具鋼。

【請求項 4】 前記工具鋼の鍛伸材から、JIS : Z 2 2 0 2 に規定された 3 号試験片として、ノッチ方向が鍛伸方向と平行となる T 方向試験片と、同じく垂直となる L 方向試験片とを作製し、

それら試験片を用いて JIS : Z 2 2 4 2 に規定されたシャルピー衝撃試験を行ったときに、前記 T 方向試験片について得られるシャルピー衝撃値を I_T 、

前記 L 方向試験片について得られるシャルピー衝撃値を I_L として、 I_T / I_L が 0.3 以上となる請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の快削性工具鋼。

【請求項 5】 材料の研磨表面にて観察される快削性付与化合物相の面積率が 0.1 ~ 10 % である請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の快削性工具鋼。

【請求項 6】 C の含有量を WC (質量%) として、

$0.2X \leq Y \leq X$ 、かつ、

$0.07X \leq WC \leq 0.75X$ 、

を満足する請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の快削性工具鋼。

【請求項 7】 22 質量%以下の Cr を含有し、

また、Mo の含有量を WMo (質量%) とし、W の含有量を WW (質量%) とし、 $WMo + 0.5WW$ が 4 質量%以下となる Mo 及び / 又は W と、3 質量%以下の Mn と、2 質量%以下の Co と、1 質量%以下の Nb と、1 質量%以下の V と、から選ばれる 1 種又は 2 種以上を含有する請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載の快削性工具鋼。

【請求項 8】 Si の含有量が 2 質量%以下、N の含有量が 0.04 質量%以下、及び O の含有量が 0.03 質量%以下とされる請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 項に記載の快削性工具鋼。

【請求項 9】 0.005 質量%以下の Ca、0.2 質量%以下の Pb、0.2 質量%以下の Bi、0.05 質量%以下の Ta、0.01 質量%以下の B 及び 0.5 質量%以下の希土類元素から選ばれる一種又は二種以上を含有する請求項 1 ないし 8 のいずれか 1 項に記載の快削性工具鋼。

【請求項 10】 0.001 ~ 0.4 質量%の C と、0.5 ~ 5 質量%の Cu と、1 ~ 5 質量%の Ni と、0.5 ~ 3 質量%の Al とを含有し、さらに Cr の含有率が 10 質量%以下である請求項 1 ないし 9 のいずれか 1 項に記載の快削性工具鋼。

【請求項 11】 Cr の含有率が 10 ~ 22 質量%である請求項 1 ないし 9 のいずれか 1 項に記載の快削性工具鋼。

【請求項 12】 プラスチックの成形用金型として使用される請求項 1 ない

し 1 1 のいずれか 1 項に記載の快削性工具鋼。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

この発明は工具や金型の素材として使用される工具鋼、特に快削性を有する工具鋼に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

金型や工具類は、焼なまし状態の鋼材を用い、荒加工、焼入焼戻しによる所定の硬さへの調整後、仕上げ加工されることが多い。また、納期短縮を目的に、所定の硬さに焼入焼戻しを行った材料を用い、直接、金型や工具類に最終加工する場合もある。これは、最終的に金具や工具を製造するための、素材供給者と金型あるいは工具の製造者であるユーザーとの工程分担に関係する。つまり、前者では素材供給者は焼きなまし状態でユーザーへ鋼材を供給し、ユーザー側では粗加工、焼入焼戻し処理及び仕上げ加工を負担する形となるが、後者では焼入焼戻し材の形で鋼材が供給され、ユーザー側では最終加工のみを分担する形となる。ただし、この最終加工は、粗加工を経ていないので加工量自体はやや大きくなる。

【 0 0 0 3 】

上記いずれの場合においても、加工は切削加工や研削加工などの除去加工を主体として行なわれることになるが、工具鋼の場合、被加工材に十分打ち勝つだけの硬度や靱性が要求されるので、その工具鋼自体の加工を行なうことは、他の鉄系材料と比較すれば容易ではない。特に、焼入焼戻しを行なった後では、加工は一層困難となる。近年では、金型や工具の製造コスト低減を図るために、金型の納期短縮や無人加工を拡大する必要性が高まってきており、これに対応するため、既存の材料よりも被削性を改善した材料の提供が望まれていた。

【 0 0 0 4 】

鉄系材料の被削性向上元素としては、S、Pb、Se、Bi、Te、Caなどが知られている。このうち、Pbは、環境保護に対する関心が地球規模で高まりつつある近年では次第に敬遠されるようになっており、その使用を制限する機器

や部品も多くなりつつある。そこで、SやTeを被削性向上元素の主体として用いた材料が、代替材料として考えられている。これらは、主にMnSやMnTeなどの介在物を生成させ、介在物に対する切屑形成時の応力集中効果や、工具と切屑間の潤滑作用により被削性や研削性を高めるようにしている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、SやTeを被削性向上元素として用いた鋼材では、MnSやMnTe等の介在物は被削性を向上させるものの、圧延や鍛造時にその鍛伸方向に伸長しやすく、材料の機械的性質に望まざる異方性を生じやすい欠点があった。具体的には、上記鍛伸方向と直角な向き（以下、T方向という）の靱性や強度が低下する結果、耐割れ性が損なわれる問題が生ずる。また、工具や金型の使用形態に応じて、材料の使用方向をいちいち考慮しなければならず、製造能率や、材料活用の歩留まり低下などにもつながりやすい。

【0006】

さらに、これらの介在物は通常、長さ $50\mu\text{m}$ を超える大きなものが多いのも問題である。つまり、こうした大きな介在物が形成されると、材料表面を鏡面研磨しようとしたとき、脱落した介在物が研磨面を擦って荒らしたり、また、脱落した介在物部位の大きなくぼみにより、所期の粗さの鏡面が得られにくくなる。また、硫化物系の大きな介在物は材料の耐食性の低下を招きやすい問題もある。このことは、例えば特開平7-188864号公報において、こうした硫化物系の介在物の個数の80%以上のものを、寸法 $50\mu\text{m}$ 以下の寸法に調整することにより、耐食性向上を図る旨が謳われていることから明らかである。

【0007】

本発明の課題は、優れた被削性を有するとともに、素材の鍛伸方向に関する機械的特性、特に靱性に異方性が生じにくい快削性工具鋼を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段及び作用・効果】

上記課題を解決するために、本発明の快削性工具鋼は、主成分としてのFeと、0.001~0.6質量%のCを含有し、

さらに、6質量%以下の範囲内にてNiを含有し、5質量%以下の範囲内にてCuを含有し、3質量%以下の範囲内にてAlを含有する工具鋼であって、

さらにTiの含有量をWTi(質量%)、Zrの含有量をWZr(質量%)として、 X (質量%) = $WTi + 0.52WZr$ が 0.03 ~ 3.5質量%となるようにTiとZrとのいずれかを含有し、

さらに、Sの含有量をWS(質量%)、Seの含有量をWSe(質量%)、Teの含有量をWTe(質量%)として、 Y (質量%) = $WS + 0.4WSe + 0.25WTe$ が 0.01 ~ 1質量%となるようにSとSeとTeとから選ばれる1種又は2種以上を含有し、

かつ、Ti及び／又はZrを金属元素成分の主成分とし、該金属元素成分との結合成分として、Cを必須とし、S、Se及びTeの少なくともいずれかを含有する快削性付与化合物相が組織中に分散形成されていることを特徴とする。なお、本明細書にて、「主成分」（「主体に」等も同様）とは、着目している材料あるいは組織において、最も重量含有率の高い成分（相も概念として含む）を意味する。

【0009】

上記のような組成範囲のC、Ti、Zr、S、Se及びTeを含有させることにより、鋼材組織中にTi及び／又はZrを金属元素成分を主成分とし、該金属元素成分との結合成分として、Cを必須とし、S、Se及びTeの少なくともいずれかを含有する快削性付与化合物相が分散形成される。この化合物の形成により、鋼材に良好な被削性を付与することができる。本発明者らは、切削や研削などの加工を施す際には、除去される材料部分が加工により切り離される際に、細かく分散した粒状の快削性付与化合物相がいわばミシン目のように作用して、切断面の形成を促す結果、被削性が向上するものと考えている。また、本発明の快削性工具鋼は、Pbが含有された従来の工具鋼のように環境問題に対する懸念もない。

【0010】

そして、重要な点は、このような快削性付与化合物相は、圧延や鍛造を経ても鍛伸方向に伸長せず、粒状の状態を維持することにある。その結果、鍛伸方向に

延伸しやすいMnS等と異なり、前記T方向の靱性低下を著しく抑制することが可能となる。また、本発明の快削性工具鋼は、焼なまし状態のみならず焼入焼戻し状態においても被削性が良好であり、前記した納期短縮化に対応するための、焼入焼戻し状態での重加工にも十分に対応できるようになる。

【0011】

そして、上記の快削性付与化合物相は、工具鋼の研磨断面組織において観察される寸法（観察される化合物粒子の外形線に位置を変えながら外接平行線を引いたときの、その外接平行線の最大間隔にて表す）において、 $50\mu\text{m}$ 以上となる粗大なものが発生しないことから、鏡面性や耐食性においても優れている。

【0012】

快削性付与化合物相は、例えば組成式 $M_4Q_2C_2$ （ただし、MはTi及び／又はZrを主成分とする金属元素成分（以下、Ti相当元素ともいう）、QはS、Se及びTeの少なくともいずれか（以下、S相当元素ともいう））にて表される化合物相を主体とするものとすることができる。この化合物は、鍛伸方向への延伸が特に生じにくく、また、組織中への分散性も良好で、材料の機械的特性に極端な異方性を生ずることなく、被削性を高める効果に優れている。なお、上記の化合物における成分Mについては、Tiを必須とするがZrが含有されていてもよく、また、合金成分としてVが含有されている場合には、その少なくとも一部がM成分に含まれていてもよい。また、Q成分についても、S、Se及びTeのいずれか一種のみが含有されていても、2種以上含有されていてもいずれでも良い。さらに、成分M及びQともに、本発明の効果発現のため、上記快削性付与化合物相が備えているべき難延伸性及び分散性が損なわれない範囲にて、上記以外の成分が副成分として含有されていることを妨げない。

【0013】

なお、鋼中の $M_4Q_2C_2$ 系化合物（以下、本明細書では略称として「TICS」との表記を用いる場合がある）の同定は、X線回折（例えば、ディフラクトメータ法）や電子線プローブ微小分析（EPMA）法により行うことができる。例えば、 $M_4Q_2C_2$ 系化合物が存在しているか否かは、X線ディフラクトメータ法による測定プロファイルに、対応する化合物のピークが現れるか否かにより

確認できる。また、組織中における該化合物の形成領域は、鋼材の断面組織に対してEPMAによる面分析を行い、Ti、Zr、S、SeあるいはCの特性X線強度の二次元マッピング結果を比較することにより特定できる。

【0014】

本発明の快削工具鋼の組成においては、快削性付与化合物相が前記した $M_4Q_2C_2$ として形成される場合、X（質量%）（ $=W_{Ti}+0.52W_{Zr}$ ）、及びY（質量%）（ $=W_S+0.4W_{Se}+0.25W_{Te}$ ）の値が、 $1 \leq X/Y \leq 4$ となるように成分調整することが望ましい。X/Yが該範囲外になると、 $M_4Q_2C_2$ 型化合物の形成が不十分となり、快削性の付与を十分に行うことができなくなる場合がある。

【0015】

以下、本発明の快削性工具鋼に含有される元素の含有範囲の限定理由について述べる。

(1) Feを主成分として含有し、0.001～0.6質量%のCを含有する：

本発明の快削性工具鋼は、工具鋼としての機能が発揮されることを基礎としているので、上記のような工具鋼としての必須成分を含有している。Feは、鋼を構成するのに必須の成分であるため、主成分として含有させる。また、Cは工具鋼として必要な硬さを維持するために含有させる元素である。さらに、本発明においては、Cは被削性を向上させる快削性付与化合物相の形成にも必須の成分である。これらの効果が十分に発揮されるように、Cは最低でも0.001質量%以上は含有させるようにする。一方、過剰に含有させると、被削性の向上に望ましくない炭化物が形成されるためにその含有量を制限するのがよい。また、本発明の快削性工具鋼にあっては、後述する(Ni、Al)系化合物の時効析出により、その硬さあるいは強度を高めることができるため、この場合は硬さ向上のためのCの添加も適度に抑えておく。硬さ向上のために過剰にCを含有させると、却って靱性が劣化するために好ましくない。以上これらの観点から、Cの含有量は0.6質量%以下に制限するのがよく、望ましくは0.001～0.4質量%、さらに望ましくは0.05～0.25質量%の範囲内に設定するのがよい。また、Cの含有量は被削性向上の効果が最良の状態を得られるように、上記快削性

付与化合物相が形成されるように適宜調節するのがよい。また、上記快削性付与化合物相に構成元素として含有されなかった残余のCは鋼組織中に固溶し、鋼の硬さを向上させる効果を付与する。

【 0 0 1 6 】

(2) 6質量%以下のNi:

本発明の工具鋼においては、Niは、その一部が後述するCuと全率固溶して、熱間加工における赤熱脆性を防止する。さらに、前記した時効析出強化処理を行なう場合には、工具鋼中に析出する(Ni、Al)系化合物の核となる相をCuとともに構成する。上記(Ni、Al)系化合物は、主に Ni_3Al の組成式で表される γ' 相の化合物であり、該化合物が時効析出することにより、工具鋼の硬さが向上するとともに、高温における強度も高めることができる。さらに、Niを含有させることにより、工具鋼の耐食性が向上するという効果もある。しかし、6質量%以上含有させても、上記の効果が飽和するとともに、加工性の低下や製造コストの上昇を招く懸念が生ずる。他方、上記の効果、特に、時効析出強化処理による効果を十分に発揮するためには、Niは1質量%以上、望ましくは2.5質量%以上含有させるのがよい。なお、製造コストの低減を重視するのであれば、その含有量を3.5質量%以下に制限するのがよい。

【 0 0 1 7 】

(3) 5質量%以下のCu

Cu添加により、鋼の熱間脆性を抑制することができる。他方、前記した時効析出強化処理を行なう場合、(Ni、Al)系化合物、特に γ' 相(Ni_3Al)を析出させるための核として重要な役割を持ち、特に、Ni及びAlの含有量が少ない場合に効果的である。また、Cuは、溶体化状態の被削性改善にも有効である。なお、時効析出強化による効果を期待する場合、0.5質量%以上は含有させるようにする。一方、Cuの含有量が5質量%を超えると、熱間加工性が却って低下することにつながり、経済性の点でも不利となる。なお、Cuの含有量は、熱間脆性の抑制あるいは製造コストの低減を重視する場合は、1.7質量%以下に制限するのがよい。

【 0 0 1 8 】

(4) 3 質量%以下の A 1 :

A 1 は脱酸剤として添加されるが、過剰な添加は鏡面仕上げを施したときの鏡面仕上げ性にも影響を与える。そのため、A 1 の含有量は、3 質量%以下に制限される。他方、前記した時効析出処理を行なう場合は、前記した (N i、A 1) 系化合物の構成元素として A 1 は必須の成分となり、析出強化効果を十分に達成するには、最低でも 0. 5 質量%以上は含有させるようにする。また、この場合の過剰添加は、(N i、A 1) 系化合物の過剰析出あるいは粗大化を招き、加工性及び靱性等ひいては生産性の劣化につながる。特に、靱性や加工性を優先したい場合は、その含有量を 1. 5 質量%以下に制限するのがよい。

【0 0 1 9】

なお、上記のように N i、C u、A 1 を含有させることにより、特開昭 6 0 - 6 7 6 4 1 号公報に開示されているものと、同等の作用及び効果を発揮することができる。そのため、本発明の快削性工具鋼においては、上記特開昭 6 0 - 6 7 6 4 1 号公報に開示されているような工具鋼に対して、該公報に開示されているような他の優れた特性を良好に維持しつつ、被削性をも向上させたような工具鋼として成り立つものである。具体的には、0. 0 0 1 ~ 0. 4 質量%の C と、0. 5 ~ 5 質量%の C u と、1 ~ 5 質量%の N i と、0. 5 ~ 3 質量%の A 1 とを含有する組成を例示できる。また、特に高い耐食性が要求されない場合は、後述する C r の含有率を 1 0 質量%以下とすることが、被削性向上を図る上でより有利となる。

【0 0 2 0】

(5) T i の含有量を W T i (質量%)、Z r の含有量を W Z r (質量%) として、 $X \text{ (質量\%)} = W T i + 0. 5 2 W Z r$ が 0. 0 3 ~ 3. 5 質量%となる T i と Z r との少なくともいずれか :

T i と Z r とは、本発明の快削性工具鋼において被削性向上効果の中心的な役割を果たす快削性付与化合物相を形成するのに必須の構成元素である。上記 $W T i + 0. 5 2 W Z r$ が 0. 0 3 質量%未満では快削性付与化合物相の形成量が不充分となり、十分な被削性向上効果が見込めなくなる。他方、 $X = W T i + 0. 5 2 W Z r$ が過剰となる場合も、これら (T i、Z r) が他の元素と化合物を形成し、逆

に被削性が低下することになる。そのため、 $X = W_{Ti} + 0.52 W_{Zr}$ は 3.5 質量%以下に抑える必要がある。なお、上記快削性付与化合物相を構成する金属成分元素としての (Ti、Zr) の一部が、V にて置換された形態で形成されていてもよい。この場合、V の含有量を W_V として、 $X' \text{ (質量\%)} = W_{Ti} + 0.52 W_{Zr} + 0.94 W_V$ が 0.03 ~ 3.5 質量%となるように (Ti、Zr、V) を適宜調節して含有させるようにする。

【0021】

なお、前述の $M_4 Q_2 C_2$ 化合物相のように、快削性付与化合物相は、金属成分 M に対する結合成分 Q あるいは C の結合化学量論比が略一定であり、快削性付与の本質は、その化合物の形成面積率により支配されることが、略経験的に判明している。従って、相形成量を見積もる尺度としての M や Q の含有率は、重量含有率よりも原子含有率を用いたほうが便利であることが多い。本明細書では、M 成分は、Ti を基準とした原子相対含有率、つまり、同原子数の Ti 重量に換算した形にて最適の含有率範囲を表示している。また、後述する Q 成分は、S を基準とした原子相対含有率、つまり、同原子数の S 重量に換算した形にて最適の含有率範囲を表示している。例えば、M 成分の場合、上記において W_{Zr} に係数 0.52 を乗じているのは、この目的のためであり、他の副成分が含有される場合には、同原子数の Ti 重量に換算するための係数を乗じた質量含有率の合計が、0.03 ~ 3.5 質量%となっていることが望ましい。

【0022】

(6) S の含有量を W_S (質量%)、Se の含有量を W_{Se} (質量%)、Te の含有量を W_{Te} (質量%) として、 $Y \text{ (質量\%)} = W_S + 0.4 W_{Se} + 0.25 W_{Te}$ が 0.01 ~ 1 質量%となるように S と Se と Te (Q 成分) とから選ばれる 1 種又は 2 種以上：

S、Se、及び Te は、被削性を向上させるのに有効な元素である。S 及び Se を含有させることで、被削性向上に効果のある化合物（例えば、上記快削性付与化合物相、 MnS 等）が鋼中に形成される。したがって、S、Se 及び Te の含有量は、いずれもその効果が明瞭となる 0.01 質量%を下限とする。しかしながら、これらの元素の過剰な添加は、化合物にならなかった S、Se 及び Te

を増加させることになり、結果として熱間加工性を低下させる。また S、Se 及び Te の含有量に応じて形成される快削性付与化合物相の量も増加するが、過剰な該快削性付与化合物相の形成は鏡面性の低下を招く。よって上限を 1 質量%とする。快削性付与化合物相による被削性向上の効果を十分に得るためには、快削性付与化合物相の構成元素である、C、Ti、Zr、V 等の添加量に応じて、これら S、Se 及び Te の含有量を適宜調整するのが良い。快削性付与化合物相だけでなく、他の硫化物（例えば MnS、TiS）を同時に形成させ被削性向上の効果をさらに得ようとするのであれば、S、Se 及び Te は、必要量に応じて大目に添加するのが良い。なお、Q 成分についても、他の副成分が含有される場合には、同原子数の S 重量に換算するための係数を乗じた質量含有率の合計が、0.01～1.0 質量%となっていることが望ましい。

【0023】

上記快削性付与化合物相は、工具鋼組織中に分散形成することができる。特に、該化合物を工具鋼組織中に微細に分散させることにより、工具鋼の被削性をさらに高めることができる。該効果を高める観点においては、快削性付与化合物相の前記寸法の平均値は 1～5 μ m 程度であるのがよい。

【0024】

さらに、本発明の快削性工具鋼においては、前記工具鋼の鍛伸材から、JIS : Z 2 2 0 2 に規定された 3 号試験片として、ノッチ方向が鍛伸方向と平行となる T 方向試験片と、同じく垂直となる L 方向試験片とを作製し、

それら試験片を用いて JIS : Z 2 2 4 2 に規定されたシャルピー衝撃試験を行ったときに、前記 T 方向試験片について得られるシャルピー衝撃値を I_T 、

前記 L 方向試験片について得られるシャルピー衝撃値を I_L として、 I_T / I_L が 0.3 以上となる。

【0025】

上記に記載した快削性付与化合物相が工具鋼中に形成されることにより、該工具鋼を圧延・鍛伸して得られる鍛伸鋼材において、鍛伸方向（L 方向）と該鍛伸方向と垂直な方向（T 方向）との靱性の方向依存性が抑制されることになる。具体的には、工具鋼を圧延・鍛伸して得られる鍛伸材においては、鍛伸方向である

L方向に対して、該鍛伸方向と垂直なT方向の靱性値の劣化が抑えられる。さらに具体的には、上記のように規定した、T方向及びL方向の衝撃値、 I_T 、 I_L の比 I_T/I_L の値が、被削性向上元素が添加されていなかったり、あるいは、上記快削性付与化合物相が形成されていないようなベース工具鋼と同等な0.3以上となっている。なお、 I_T/I_L の値はより望ましくは、0.5以上となっているのがよい。

【0026】

ここで、材料の研磨表面にて観察される快削性付与化合物相の面積率が0.1～10%であるのがよい。快削性付与化合物相の形成により、被削性向上の効果が得られるためには、研磨断面組織における面積率にて0.1%以上含まれていることが必要である。しかし、多すぎても、被削性向上の効果は飽和状態となる。また、過剰な快削性付与化合物相の形成は、工具鋼を圧延・鍛伸した場合に、鍛伸方向（L方向）と垂直な方向（T方向）の靱性値の劣化が目立つようになるため、研磨断面組織中における面積率を10%以下とする。

【0027】

以下、本発明の工具鋼の組成に関し、さらに付加可能な要件について説明する。

(7) Cの含有量をWC（質量%）として、

$0.2X \leq Y \leq X$ 、かつ、

$0.07X \leq WC \leq 0.75X$ 、を満足する（以下、条件Aという）：

被削性向上に効果のある快削性付与化合物相を得るためには、構成元素C、S、Se、Te、Ti、Zr等の含有量のバランスが重要となる。上記条件Aを満足する範囲内であれば、目的の快削性付与化合物相が過不足無く形成されることになる。上記条件Aによれば、(S、Se、Te)の含有量は、(Ti、Zr)の含有量よりも少なめに含有するのがよい。さらに、(Ti、Zr)とともに快削性付与化合物相を形成するためには、(S、Se、Te)の含有量は $0.2X \leq Y$ を満足するように含有させるのがよい。また、一方で(Ti、Zr)と比較して(S、Se、Te)の含有量が過剰であると、例えば、MnS等の硫化物が過剰に形成されることとなり、靱性の方向依存性が顕著に生じる場合もある。従

って、 $Y \leq X$ とするのがよい。

【0028】

また、炭素の含有量は、快削性付与化合物相を構成するのに最低限必要な量を含有させるとともに、工具鋼としての硬さおよび焼入れ性等も考慮して、 $0.07X \leq WC$ となるようにする。さらに、(Ti、Zr)の含有量と比較して過剰に炭素が含有されると、快削性付与化合物相の形成に寄与しない残余の炭素成分が、他の元素と化合物を形成し、逆に被削性を劣化させる場合もありうる。そのため、 $WC \leq 0.75X$ とする。

【0029】

なお、より望ましくは、

$0.2X \leq Y \leq 0.67X$ 、かつ、

$0.07X \leq WC \leq 0.5X$ を満足するようにするのがよい（以下、条件Bという）。このように構成元素C、S、Se、Te、Ti及びZrの含有量を制御することにより、被削性向上及び、靱性の方向依存性の抑制に、より好適な量の快削性付与化合物相を形成することができる。また、快削性付与化合物相にVが形成されるような場合にあっては、前述のXを $X' = WTi + 0.52WZr + 0.94WV$ に置き換えて、上記条件A、あるいは条件Bを満足するように、(Ti、Zr、V)の含有量をそれぞれ制御するのが良い。

【0030】

(8) 2質量%以下のSi:

Siは、脱酸剤として含有させることができる。しかしながら、過剰に含有されると、靱性が低下する場合もある。そのため、その含有量を2質量%以下に制限するのがよい。他方、固溶化熱処理後の硬さをあげるのにも必要であり、硬さ確保のために積極添加する（例えば1質量%程度まで）場合もある。固溶化熱処理後の硬さを高める効果を期待する場合は、0.1質量%以上含有させるのがよい。

【0031】

(9) 3質量%以下のMn:

焼入れ性を向上させ、さらに硬さ向上を図る上でも有効である。ただし多すぎる

と、快削性付与化合物相の形成を阻害することがあるので、硬さが得られる限り低い量にする方が良い。ただし、快削性付与化合物相だけではなく、さらに被削性向上を得るために、MnSを利用する場合は、むしろ多く添加した方が良い。この場合、機械的特性値（強度や靱性など）の異方性や鏡面性あるいは耐食性などとのバランスを考慮して、最適の添加量を定める。なお、Mnの過剰な含有は、MnSの過剰形成を招き、Sの不足により快削性付与化合物相が十分に得られなくなるほか、前記した靱性の方向依存性が顕著になったりするので、その含有量を3質量%以下とする。なお、Mnは、精錬時における脱酸元素としても有用であり、不可避免的に含有されることがある。

【0032】

(10) 22質量%以下のCr:

Crは焼入性を向上させ、また、硬さを向上させる効果を有する。しかしながら、過剰に含有させると、Cr炭化物が形成され、快削性付与化合物相の形成を阻害すると同時に、被削性を低下させる原因になるため、その含有量を22質量%以下に制限するのがよい。なお、硬さの向上の観点からは、0.1質量%以上含有させることが望ましい。他方、耐食性向上効果を期待する場合は、12質量%以上の添加が望ましい（すなわち、Crの含有率を10～22質量%とするのがよい）。

【0033】

(11) Moの含有量をW_{Mo}（質量%）とし、Wの含有量をW_W（質量%）として、W_{Mo}+0.5W_Wが4質量%以下:

Mo及びWは、焼入性を向上させ、また、炭化物形成によりマトリックスの強化及び耐摩耗性向上の効果を有する。しかしながら、過剰に含有させると、靱性が劣化するため、その含有量を上記W_{Mo}+0.5W_Wの値にて4質量%以下に制限するのがよい。なお、上記効果を顕著に得るには、0.1質量%以上含有させるのがよい。

【0034】

(13) 2質量%以下のCo、1質量%以下のNb及び1質量%以下のVから選ばれる1種又は2種以上:

いずれの元素も、鋼中に微細に分散し、靱性を向上させる。また、Vは快削性付与化合物相の構成元素の一つとなりうる。顕著な効果を得るためには、Coは0.001質量%以上、Nbは0.01質量%以上、Vは0.01質量%以上含有させることが望ましい。他方、これら元素の過剰な含有は、望まざる炭化物の形成により被削性向上の効果を低下させる場合があり、その含有量をそれぞれ、Co：2質量%以下、Nb及びV：1質量%以下とするのがよい。

【0035】

(12) N：0.04質量%以下、O：0.03質量%以下：

快削性付与化合物相の構成元素であるTi、ZrあるいはVや、他の元素Alなどと結合し、窒化物、酸化物を形成する。これらの窒化物、酸化物は、硬質であって、ときには粗大になることがあり、特に被削性の低下をまねく原因になる。よって、その含有量を極力低く制限することが望ましい。そのため、それぞれN：0.04質量%以下、O：0.03質量%以下に制限するのがよい。また、製造コストとの兼ね合いであるが、望ましくは、N：0.01質量%以下、O：0.01質量%以下とするのが良い。

【0036】

(13) 0.005質量%以下のCa：

熱間加工性の向上に有効な元素である。また、硫化物や酸化物の形成により被削性向上にも寄与する。また、少量の添加により、MnS等の介在物の長さを短くすることができ、鏡面性の向上にも効果がある。顕著な効果を得るには0.005質量%以上添加するのがよい。他方、過剰な添加は効果の飽和や強度あるいは耐食性の低下を招くので、上限を0.005質量%とする。

(14) 0.2質量%以下のPb及び／又は0.2質量%以下のBi

鋼中に分散して、被削性をさらに高める効果を有する。顕著な効果を得るには各々の少なくともいずれかを0.01質量%以上添加するのがよい。ただし、過度な添加は熱間加工性の低下を招くので、各々上限を上記のように定める。

【0037】

(15) 0.05質量%以下のTa

微細な炭化物を形成し、鋼の結晶粒微細化ひいては靱性の向上に寄与する。顕

著な効果を得るには0.01質量%以上添加するのがよい。他方、過剰な添加は効果の飽和を招き、また靱性低下等につながる場合もあるので、上限を上記のように定める。

(16) 0.01質量%以下のB

焼入れ性の向上に寄与する。顕著な効果を得るには0.0015質量%以上添加するのがよい。他方、過剰な添加は熱間加工性や靱性の低下を招くので、上限を上記のように定める。なお、最も望ましくは、焼入性の向上効果が最も大きい0.0025質量%程度の添加がよい。

【0038】

(17) 0.5質量%以下の希土類元素

OやP等の不純物を固定し、マトリックスの清浄度を高め、靱性を向上させる効果を有する。顕著な効果を得るには0.1質量%以上添加するのがよい。他方、過剰な添加は地疵の発生を招くので、上限を上記のように定める。なお、希土類元素は、Sc、Y、La、Ce、Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Luから選ばれる1種又は2種以上の元素である。

【0039】

本発明の快削性工具鋼は、プラスチックの成形用金型素材として好適に使用できる。プラスチックの成形用の金型においては、近年特に、商品開発のスピードが高まりつつあり、出荷前に熱処理を施す場合が多い。そのため、金型としての製品形状に切削加工するに際して、被削性が問題となっていた。そのため、プラスチック成形用の金型に本発明の快削性工具鋼を適用することにより、金型としての製品形状に加工するに際し、切削加工が容易に行なわれることとなり、生産性が向上することになる。

【0040】

具体的には、本発明の工具鋼は、特に、耐食性あるいは耐錆性が望まれるプラスチック成型金型（例えば水孔あり金型など）、塩化ビニル成形用金型（電話機筐体、雨樋、その他の容器類）、ハロゲン系ガスを含有した雰囲気下で使用される金型、耐食性が望まれる治工具類（例えばバイス類）、耐食・鏡面・高硬度用プラスチック成型金型、光学レンズ用成形金型、医療機器用成形金型、化粧容器

成形用金型、精密成形品（メンテナンスフリー母型、受板、ペットボトル成形母型、ゴム成形用型類）、IC封止型、光ディスク成形用金型、導光板あるいは反射板の構成材料自体もしくはその成形用金型材料等に好適に使用可能である。

【0041】

【実施例】

本発明の効果を調べるために、以下の実験を行った。

（実施例1）

表1に示す化学成分の発明鋼および比較鋼の150kg鋼塊を高周波誘導炉で溶製した。これを1200℃に加熱保持した後、熱間鍛造により60mm×60mmの角棒に加工した。これを熱処理し、表面硬さ（Cスケールのロックウェル硬さ）HRC40±3を得るように、870℃、900℃、935℃のいずれかの適正温度で100min加熱後、衝風冷却（固溶化処理）し、その後、500℃、520℃、540℃のいずれかの適正温度で5時間加熱後、空冷（時効析出強化処理）した。

【0042】

【表1】

化学成分 (質量%)		C	Si	Mn	P	Cu	Ni	Cr	Mo	Al	N	O	S	Se	Te	Y	Ti	Zr	V	X	W	Co	Nb
発明鋼	1	0.034	0.04	1.42	0.02	1.54	2.87	9.84	0.51	1.91	0.0094	0.0288	0.05	0.05		0.07	0.09	0.02		0.1004			
	2	0.391	0.27	0.02	0.01	0.78	4.87	4.01	0.34	0.14	0.0023	0.0015	0.309			0.309	0.45		0.13	0.5722	0.1		
	3	0.113	1.89	0.01	0.02	2.56	0.45	5.88	0.49	2.88	0.0023	0.0013	0.28	0.04		0.29	0.35			0.35			0.004
	4	0.145	0.42	0.94	0.01	0.76	1.39	2.19	2.79	0.56	0.0034	0.0056	0.978			0.978	0.98			0.98		0.005	
	5	0.144	0.08	0.32	0.01	0.29	3.41	0.94	0.24	1.06	0.0067	0.0275	0.288			0.288	0.42			0.42			
	6	0.121	0.31	1.48	0.01	1.08	3.28	0.28	0.32	1.01	0.0015	0.0012	0.104			0.104	0.32			0.32			
	7	0.003	0.17	2.82	0.02	1.55	3.31	0.13	0.54	1.05	0.0122	0.0293	0.011			0.011	0.03			0.03			
	8	0.017	0.21	0.45	0.01	1.67	2.67	8.71	0.54	0.57	0.0015	0.0244	0.042			0.042	0.07			0.07	0.8		
	9	0.228	0.08	0.87	0.02	1.09	3.91	3.56	0.31	0.03	0.0044	0.021	0.321			0.321	0.43	0.42		0.6484			
	10	0.21	0.88	0.01	0.01	4.78	4.65	3.85	0.39	1.97	0.0035	0.0008	0.32			0.32	0.87			0.87		0.42	
	11	0.233	1.02	0.43	0.01	1.38	0.12	5.92	2.87	0.64	0.0008	0.0021	0.67			0.67	2.43			2.43			0.84
	12	0.376	0.95	1.54	0.02	1.25	0.71	2.83	1.53	0.71	0.0019	0.0039	0.932	0.45		1.112	2.05		1.13	3.1122			
	13	0.138	0.32	0.65	0.01	0.89	1.76	8.94	1.05	1.34	0.0086	0.0134	0.35	0.06	0.25	0.4365	1.04			1.04		0.03	0.02
	14	0.012	0.31	2.89	0.02	0.09	2.64	9.64	0.03	1.12	0.0079	0.0251	0.012			0.012	0.05			0.05			
	15	0.008	0.12	0.21	0.02	0.34	2.91	0.87	0.01	1.04	0.0087	0.0281	0.02			0.02	0.04			0.04			
	16	0.25	0.33	1.07	0.01	0.76	3.33	0.23	0.11	0.94	0.0071	0.0092	0.781	0.38		0.933	2.88		0.49	3.4			
	17	0.045	1.03	0.45	0.02	1.55	2.84	5.88	2.66	0.94	0.0089	0.0056	0.145			0.145	0.032			0.032			
比較鋼	1	0.11	0.3	1.53	0.01	0.97	3.34	0.25	0.25	1.11	0.0115	0.0065	-			-	-			-			
	2	0.023	1.53	1.03	0.02	1.45	3.41	0.23	0.32	0.53	0.0091	0.0032	-			-	0.004			0.004			
	3	0.132	0.55	0.63	0.01	1.67	3.04	0.55	0.03	0.88	0.0043	0.0045	0.13			0.13	-			-			
	4	0.121	0.27	1.56	0.01	1.04	3.41	0.34	0.34	1.04	0.0021	0.0014	0.098			0.098	-			-			
	5	0.45	0.34	0.71	0.01	0.78	2.59	0.25	0.33	0.76	0.0055	0.0021	-			-	-			-			
	6	0.221	0.55	1.86	0.02	0.84	3.09	0.16	0.49	0.96	0.0081	0.0085	0.882	0.39	0.25	1.1	-			-			
	7	0.133	0.21	1.01	0.01	1.63	2.57	3.32	0.21	0.84	0.0082	0.0013	-			-	2.15		1.54	3.6			
	8	0.097	0.11	0.55	0.02	1.22	3.23	7.55	1.77	1.23	0.0037	0.0008	-			-	0.02			0.02			

【 0 0 4 3 】

本発明鋼の主な介在物は、 $(Ti, Zr, V)_4(S, Se, Te)_2C_2$ の化合物であったが、 $(Ti, Zr, V)S$ や $(Ti, Zr, V)S_3$ 、 $(Ti, Zr, V)_{0.81}S$ といった (Ti, Zr, V) 系硫化物や、 $(Ti, Zr, V)C$ である (Ti, Zr, V) 系炭化物や、 Mn が比較的によく含有されているものについては、 MnS が同時に認められるものもあった。

【 0 0 4 4 】

介在物の同定方法は、以下の方法による。

各角棒より、適量の試験片を切出し、これをテトラメチルアンモニウムクロライドと10%のアセチルアセトンを含むメタノール溶液を電解質として用いることにより、金属マトリックス部分を電解する。そして、溶解後の電解液をろ過し、工具鋼中に含有されていた不溶の化合物を抽出して乾燥後、X線回折ディフラクトメーター法により分析し、その回折プロファイルの出現ピークから化合物の特定を実施した。図1に、発明鋼No. 6のディフラクトメーター法によるX線回折プロファイルを示しており、図2は、同発明鋼No. 6と比較鋼No. 4の鋼表面の光学顕微鏡観察像（倍率400倍）を示している。比較鋼No. 4は、被削性向上のために MnS を鋼中に形成させたものである。発明鋼No. 6の観察像には、略球形の快削性付与化合物相が観察されている。また、比較鋼No. 4の観察像においては、鍛伸方向に伸びた形状の MnS が観察されている。

【 0 0 4 5 】

また、鋼材組織中の化合物粒子の組成は、別途EPMAにより分析を実施した。二次元マッピングから、X線回折にて同定された化合物に対応する組成の化合物が形成されていることを確認した。さらに、比較的 V が多く含有されている発明鋼No. 12において、その研磨断面においてEPMAによる分析を行ったところ、電界液に不溶の化合物に金属元素成分として、主成分としての Ti とともに V も含有されていることを確認した。

【 0 0 4 6 】

上記の各試験品につき、以下の実験を行った。

1. 被削性評価

被削性の評価は、被切削加工時の工具摩耗量により評価する。切削工具は、2枚刃 $\phi 10\text{ mm}$ のハイス・エンドミルを使用し、深さ 5 mm の溝加工、切削速度 25 mm/min 、送り速度 0.02 mm/刃 、乾式の条件で切削長 4000 m 時でのエンドミル工具横逃げ面の平均摩耗幅 ($V_{\text{bave}}(\text{mm})$) を測定した。また被削材は、いずれの鋼でも熱処理をし、Cスケールのロックウェル硬さで、 $\text{HRC } 40 \pm 3$ 以内に調整されたものを使用した。この摩耗量は、被削性向上元素が添加されておらず、快削性付与化合物相の形成もされていない比較鋼No. 1を基準として、80%以下の摩耗量で押さえられるものは、被削性が良好であると判断した。

【0047】

2. 靱性評価

靱性の評価は、シャルピー衝撃試験 (JIS : Z 2242 記載) により実施した。試験片は、角棒のT方向とL方向からいわゆる 2 mm U ノッチ試験片 (JIS : Z 2202 記載 3号試験片) を作製した。そして、シャルピー衝撃試験片を用い、JIS : Z 2242に規定されたシャルピー衝撃試験を行なうとともに、ノッチ方向が鍛伸方向と平行となるT方向試験片と、同じく垂直となるL方向試験片との双方について試験を行なったときに、T方向試験片について得られるシャルピー衝撃値を I_T 、L方向試験片について得られるシャルピー衝撃値を I_L として、 I_T/I_L (T/L) を求めた。試験片硬さは、熱処理によりCスケールのロックウェル硬さ $\text{HRC } 40 \pm 3$ 以内に調整したものを使用した。この I_T/I_L (T/L) は比較鋼No. 4のMnS利用鋼材対比で、値が大きいものは、T方向の劣化が小さくなったと判断した。表2に結果を示す。

【0048】

【表 2】

各種試験結果

		式A	式B	Ti系炭硫化物 面積率(%)	工具摩耗量 V _{bave} (mm)	T/L比 (T方向衝撃値 /L方向衝撃値 : J/cm ²)
発明鋼	1	○	×	0.89	0.329	0.36(3.6/12.0)
	2	○	×	3.5	0.245	0.36(6.0/16.7)
	3	○	×	0.15	0.298	0.37(3.9/10.6)
	4	○	×	9.75	0.208	0.33(3.6/11.0)
	5	○	×	2.91	0.221	0.37(3.4/9.3)
	6	○	○	1.2	0.155	0.45(5.7/12.7)
	7	○	○	0.97	0.187	0.41(6.6/16.1)
	8	○	○	0.45	0.211	0.49(8.0/16.3)
	9	○	○	3.3	0.209	0.38(4.6/12.2)
	10	○	○	0.19	0.241	0.42(8.7/20.6)
	11	○	○	0.23	0.245	0.44(5.6/12.8)
	12	○	○	8.73	0.115	0.37(3.6/9.8)
	13	○	○	5.81	0.114	0.37(3.8/10.2)
	14	○	○	0.16	0.255	0.46(9.2/20.1)
	15	○	○	4.88	0.139	0.35(4.9/13.9)
	16	×	×	10.5	0.474	0.22(2.8/12.7)
	17	×	×	0.03	0.392	0.27(4.2/15.5)
比較鋼	1	×	×	—	0.632	0.56(7.8/14.0)
	2	×	×	—	0.662	0.52(10.4/20.1)
	3	×	×	—	0.233	0.21(2.5/12.1)
	4	×	×	—	0.239	0.26(2.4/9.3)
	5	×	×	—	0.753	0.72(12.1/16.8)
	6	×	×	—	0.132	0.18(1.8/10.0)
	7	×	×	—	0.691	0.52(7.3/14.0)
	8	×	×	—	0.611	0.67(8.2/12.2)

【0049】

表2より、比較鋼No. 1の被削性基準に対し、被削性向上元素を添加してない比較鋼No. 2は、ほぼ同等の被削性能であるが、発明鋼や従来の被削性向上元素を添加した比較鋼No. 3、4は摩耗量が80%以下になり被削性が良好となっている。しかし、比較鋼No. 3、4は、MnS利用のため、シャルピー衝撃値でみた I_T/I_L 比は、0.3以下となりT方向の靱性劣化が激しい。発明鋼は、被削性が良好であり、かつ、 I_T/I_L 比も0.3以上が得られ、靱性値の劣化は抑制されている。さらに、条件Aを満たす発明鋼No. 1～5は、該条件式Aを満たさない発明鋼No. 16、17よりも、被削性に優れている。さらに、条件Aのみを満たす発明鋼No. 1～5よりも、条件Bをも満たす発明鋼No.

o. 6 ~ 1 5 の方が被削性はさらに良好となっている。

【 0 0 5 0 】

(実施例 2)

表 3 / 表 4 (グループ A)、表 6 / 表 7 (グループ B)、表 9 / 表 1 0 (グループ C) に示す化学成分の発明鋼および比較鋼の 1 5 0 k g 鋼塊を高周波誘導炉で溶製し、実施例 1 と同様の鍛造 / 焼きなまし処理を行い、その焼きなまし材から、被削性評価試験片 (実施例 1 に同じ)、靱性評価 (シャルピー衝撃試験) 試験片 (実施例 1 に同じ)、鏡面性評価試験片 (縦 6 0 m m、横 5 5 m m、厚さ 1 5 m m の角板状)、塩水噴霧試験片 (縦 5 5 m m、横 8 0 m m、厚さ 1 m m の角板状) に加工した。

【 0 0 5 1 】

【表 3】

	C	Si	Mn	P	Cu	Ni	Cr	Mo	W	V	Co	Nb	Al	その他	N	0
1 従来鋼	0.23	0.15	0.84	0.013	*	0.55	13.55	0.24	*	*	*	*	0.012	*	0.0166	0.0061
2 比較鋼	0.28	0.33	0.83	0.015	*	0.42	12.65	0.45	*	*	*	*	0.003	*	0.0342	0.0053
3 比較鋼	0.55	0.44	1.45	0.051	0.66	8.44	22.92	0.32	0.56	0.04	*	*	0.34	*	0.0245	0.0151
4 比較鋼	0.22	0.24	0.88	0.032	*	0.41	12.55	0.35	*	0.51	*	*	0.003	*	0.0089	0.0371
5 比較鋼	1.03	0.11	0.11	0.021	0.23	*	15.49	1.55	*	*	*	*	0.003	*	0.0031	0.0322
6 発明鋼	0.35	0.31	0.81	0.020	0.05	0.54	21.89	0.74	*	*	*	*	0.005	*	0.0202	0.0032
7 発明鋼	0.28	0.01	0.34	0.035	0.02	0.31	13.99	0.23	*	0.01	*	0.02	0.004	*	0.0076	0.0066
8 発明鋼	0.29	0.14	0.01	0.010	0.01	0.29	12.81	0.44	*	0.34	*	*	0.001	*	0.0071	0.0013
9 発明鋼	0.39	0.13	0.99	0.011	0.06	0.01	13.72	0.13	0.01	0.41	0.41	*	0.015	*	0.0153	0.0296
10 発明鋼	0.004	0.40	0.87	0.015	0.11	0.54	17.91	0.01	0.32	0.33	1.93	*	2.88	*	0.0133	0.0264
11 発明鋼	0.59	1.43	1.52	0.025	4.98	5.91	10.23	0.45	0.35	0.98	0.01	*	0.022	REM=0.13	0.0390	0.0255
12 発明鋼	0.41	1.99	1.41	0.038	1.10	0.51	12.88	3.89	0.02	*	*	*	0.011	Ta=0.033	0.0281	0.0067
13 発明鋼	0.44	0.66	2.98	0.015	0.03	0.62	13.13	0.44	5.82	*	*	0.93	0.013	B=0.0025 Ca=0.0023 Pb=0.02 Bi=0.15	0.0319	0.0091

【0052】

【表 4】

		Ti	Zr	X	S	Se	Te	Y	X/Y	判定
1	従来鋼	*	*	*	*	*	*	*	*	×
2	比較鋼	*	*	*	0.12	*	*	0.12	*	×
3	比較鋼	*	*	*	0.23	0.22	0.19	0.366	*	×
4	比較鋼	*	*	*	0.04	*	*	0.04	*	×
5	比較鋼	*	*	*	0.87	*	*	0.87	*	×
6	発明鋼	0.02	*	0.02	0.108	*	*	0.108	0.19	×
7	発明鋼	0.31	0.44	0.54	0.221	*	*	0.221	2.44	○
8	発明鋼	0.45	0.12	0.51	0.135	*	*	0.135	3.80	○
9	発明鋼	0.91	*	0.91	0.682	0.23	0.12	0.804	1.13	○
10	発明鋼	0.035	*	0.035	0.021	*	*	0.021	1.67	○
11	発明鋼	0.32	*	0.32	0.122	*	*	0.122	2.62	○
12	発明鋼	0.29	*	0.29	0.097	*	0.06	0.112	2.59	○
13	発明鋼	0.41	*	0.41	0.114	0.04	*	0.13	3.15	○

【0053】

【表 5】

		TICS 面積率	相對切削距離		シャルピ-衝擊値(J/CM2)		T/L比	面粗さ(μm) Ra	腐食後 概観	介在物長さ 50μm以下
			SA	HT	L方向	T方向				
1	従来鋼	*	1	1	62	52	0.84	1.85	C	○
2	比較鋼	*	23.4	31.1	51	9	0.18	18.9	C	×
3	比較鋼	*	15.4	16.5	39	5	0.13	19.4	C	×
4	比較鋼	*	9.5	10.9	65	11	0.17	17.5	C	×
5	比較鋼	*	31.0	32.8	29	4	0.14	31.5	D	×
6	発明鋼	0.06	1.46	3.55	55	47	0.85	2.22	B	○
7	発明鋼	2.3	18.9	29.1	49	21	0.43	2.68	B	○
8	発明鋼	1.44	15.5	20.5	69	32	0.46	3.21	A	○
9	発明鋼	8.13	25.4	36.2	36	12	0.33	0.91	B	○
10	発明鋼	0.3	5.33	6.99	66	57	0.86	1.55	A	○
11	発明鋼	1.31	19.2	19.1	59	43	0.73	1.99	A	○
12	発明鋼	1.21	15.3	16.8	53	29	0.55	2.11	A	○
13	発明鋼	1.39	14.5	12.2	53	28	0.53	4.22	B	○

【0 0 5 4】

【表6】

	C	Si	Mn	P	Cu	Ni	Cr	Mo	W	V	Co	Nb	Al	その他	N	O
14 従来鋼	0.28	0.34	0.75	0.023	*	0.51	12.80	*	*	*	*	*	0.015		0.0144	0.0075
15 比較鋼	0.36	1.04	0.38	0.016	0.04	0.20	13.36	0.09	0.01	0.27	0.024	0.010	0.010		0.0156	0.0028
16 比較鋼	1.05	0.25	0.89	0.015	*	0.22	12.22	0.11	0.03	0.29	0.021	*	0.022		0.0083	0.0012
17 比較鋼	0.22	0.33	0.79	0.021	*	0.16	13.34	0.36	0.02	0.31	*	0.21	0.043		0.0461	0.0266
18 比較鋼	0.34	0.13	0.32	0.034	0.87	0.55	23.11	0.41	0.23	0.27	*	0.10	2.51		0.0154	0.0091
19 発明鋼	0.32	0.44	1.69	0.017	1.09	0.24	13.14	0.01	0.33	0.98	0.011	0.20	2.94		0.0241	0.0154
20 発明鋼	0.43	1.89	2.89	0.017	1.23	0.81	14.99	0.06	0.15	0.31	0.24	0.25	0.89		0.0188	0.0122
21 発明鋼	0.35	0.32	1.55	0.011	4.91	0.30	13.22	0.32	0.01	0.26	0.44	0.24	0.94		0.0042	0.0004
22 発明鋼	0.32	0.45	1.45	0.023	0.03	0.21	21.94	0.37	0.85	0.21	1.87	0.19	1.04		0.0059	0.0052
23 発明鋼	0.002	0.09	0.81	0.021	0.02	0.98	14.52	0.12	0.87	0.34	1.04	0.98	0.34		0.0051	0.0042
24 発明鋼	0.45	0.25	0.79	0.014	0.01	5.88	14.28	0.38	0.04	*	*	*	0.021	RFM=0.39	0.0091	0.0012
25 発明鋼	0.59	0.35	0.34	0.028	0.06	3.22	13.98	*	0.15	0.01	0.54	0.29	0.015	Ca=0.0012	0.0392	0.0295
26 発明鋼	0.33	0.33	0.45	0.020	0.12	2.34	0.03	3.22	0.29	0.35	0.58	0.27	0.002	B=0.0023 Pb=0.17 Ta=0.011 Bi=0.19	0.0005	0.0010

【0055】

【表7】

		Ti	Zr	X	S	Se	Te	Y	X/Y	判定
14	従来鋼	*	*	*	*	*	*	*	*	×
15	比較鋼	*	*	*	0.01	*	*	0.01	*	×
16	比較鋼	*	*	*	0.06	*	*	0.06	*	×
17	比較鋼	*	*	*	0.04	0.01	*	0.044	*	×
18	比較鋼	*	*	*	0.15	*	0.04	0.16	*	×
19	発明鋼	0.05	*	0.05	0.004	*	*	0.004	12.50	×
20	発明鋼	0.15	*	0.15	0.052	*	*	0.052	2.88	○
21	発明鋼	0.08	0.11	0.14	0.042	*	*	0.042	3.27	○
22	発明鋼	0.32	0.11	0.38	0.085	*	0.05	0.098	3.87	○
23	発明鋼	1.02	*	1.02	0.122	0.11	0.54	0.301	3.39	○
24	発明鋼	0.54	*	0.54	0.285	*	*	0.285	1.89	○
25	発明鋼	2.63	0.22	2.74	0.92	*	*	0.92	2.98	○
26	発明鋼	0.23	*	0.23	0.105	*	0.01	0.108	2.14	○

【0056】

【表 8】

		TICS 面積率	相対切削距離			シャルピ-衝撃値(J/CM2)		T/L比	面粗さ(μ m) Ra	腐食後 概観	介在物長さ 50 μ m以下
			SA	HT	シャルピ	L方向	T方向				
14	従来鋼	*	1	1	30		28	0.93	0.42	C	○
15	比較鋼	*	10.4	12.5	25		4	0.16	10.4	C	×
16	比較鋼	*	15.2	18.3	23		5	0.22	12.2	C	×
17	比較鋼	*	14.5	16.2	28		3	0.11	11.2	C	×
18	比較鋼	*	20.5	22.1	22		4	0.18	15.5	D	×
19	発明鋼	0.13	3.51	5.62	31		22	0.71	1.22	C	○
20	発明鋼	0.61	9.45	10.44	35		21	0.60	0.45	A	○
21	発明鋼	0.51	8.55	7.55	23		11	0.48	0.82	A	○
22	発明鋼	1.07	10.5	10.2	24		15	0.63	0.69	B	○
23	発明鋼	3.10	24.2	25.6	19		10	0.53	1.22	B	○
24	発明鋼	2.94	22.1	29.1	29		17	0.59	2.31	B	○
25	発明鋼	9.29	35.6	40.5	18		11	0.61	4.29	B	○
26	発明鋼	1.17	10.5	20.4	25		13	0.52	1.02	D	○

【0057】

【表 9】

	C	Si	Mn	P	Cu	Ni	Cr	Mo	W	V	Co	Nb	Al	その他	N	O
27 従来鋼	0.033	0.76	0.81	0.021	3.65	3.81	16.22	*	*	*	*	0.24	0.012		0.0252	0.0122
28 比較鋼	0.028	0.76	0.77	0.017	1.48	5.24	13.05	2.98	*	*	1.00	*	0.019		0.0189	0.0030
29 比較鋼	0.026	0.39	0.89	0.022	1.90	5.21	12.22	*	*	1.51	*	*	0.023		0.0244	0.0032
30 比較鋼	0.014	0.12	0.37	0.039	3.32	3.91	25.05	*	1.61	*	*	0.32	0.012		0.0092	0.0134
31 比較鋼	1.23	0.31	0.37	0.022	3.15	3.18	13.31	3.11	*	*	0.13	*	0.009		0.0121	0.0113
32 発明鋼	0.033	0.91	0.25	0.012	1.50	5.49	13.10	0.02	0.02	0.02	1.99	0.31	0.001		0.0182	0.0012
33 発明鋼	0.135	0.53	0.29	0.025	1.71	5.21	14.21	0.91	5.12	0.31	0.03	*	2.96		0.0381	0.0061
34 発明鋼	0.045	1.98	0.61	0.009	4.95	5.49	21.92	1.55	0.03	0.44	0.01	0.13	1.03		0.0012	0.0133
35 発明鋼	0.066	0.01	0.87	0.014	0.02	5.92	14.50	3.14	0.02	0.25	0.55	0.01	1.22		0.0043	0.0255
36 発明鋼	0.081	0.03	0.82	0.015	1.67	0.02	10.05	3.91	*	0.98	*	0.02	0.041		0.0089	0.0123
37 発明鋼	0.072	0.13	0.79	0.014	1.61	3.22	14.31	3.21	0.02	0.12	1.32	0.43	0.021	REM=0.48	0.0141	0.0098
38 発明鋼	0.082	0.04	2.93	0.022	1.79	3.51	12.96	3.66	0.54	*	1.06	0.95	0.026	Pb=0.12	0.0196	0.0031
39 発明鋼	0.112	0.91	0.01	0.022	1.52	4.81	17.86	3.71	0.22	0.23	1.31	0.31	0.031	Ca=0.0032 B=0.0015 Ta=0.003 Bi=0.03	0.0188	0.0026

【0058】

【表 1 0】

		Ti	Zr	X	S	Se	Te	Y	X/Y	判定
27	従来鋼	*	*	*	*	*	*	*	*	×
28	比較鋼	*	*	*	0.077	*	*	0.077	*	×
29	比較鋼	*	*	*	0.134	*	*	0.134	*	×
30	比較鋼	*	*	*	0.195	*	0.02	0.2	*	×
31	比較鋼	*	*	*	0.032	0.16	*	0.096	*	×
32	発明鋼	0.02	*	0.02	0.033	*	*	0.033	0.61	×
33	発明鋼	0.13	0.32	0.30	0.09	0.21	*	0.174	1.70	○
34	発明鋼	0.09	2.51	1.40	0.43	*	*	0.43	3.24	○
35	発明鋼	0.32	0.02	0.33	0.11	*	*	0.11	3.00	○
36	発明鋼	0.23	*	0.23	0.002	0.22	*	0.09	2.56	○
37	発明鋼	0.11	*	0.11	0.05	*	*	0.05	2.20	○
38	発明鋼	3.32	*	3.23	0.89	0.51	0.44	1.204	2.68	○
39	発明鋼	0.91	0.41	1.12	0.31	*	0.32	0.39	2.88	○

【0 0 5 9】

【表 11】

		TICS 面積率	相対切削距離		シャルピ-衝撃値(J/CM ²)		T/L比	面粗さ(μm) Ra	腐食後 概観	介在物長さ 50μm以下
			SA	HT	L方向	T方向				
27	従来鋼	*	1	1	65	42	0.65	0.33	C	○
28	比較鋼	*	64.0	77.3	34	8	0.24	3.32	C	×
29	比較鋼	*	83.3	72.2	31	4	0.13	5.21	C	×
30	比較鋼	*	95.1	68.2	35	7	0.20	6.98	D	×
31	比較鋼	*	65.2	75.2	23	5	0.22	3.56	C	×
32	発明鋼	0.42	19.4	20.6	43	29	0.67	0.67	A	○
33	発明鋼	1.83	55.2	66.9	51	30	0.59	0.98	A	○
34	発明鋼	4.39	99.3	87.0	45	21	0.47	0.35	B	○
35	発明鋼	1.19	84.5	94.2	44	25	0.57	0.76	A	○
36	発明鋼	0.99	75.1	62.3	39	19	0.49	0.51	A	○
37	発明鋼	0.59	42.3	86.9	61	38	0.62	0.30	A	○
38	発明鋼	9.71	59.5	43.3	31	18	0.58	0.59	B	○
39	発明鋼	3.99	87.4	69.8	49	17	0.35	0.42	A	○

【0060】

これら試験片を用いて、以下の各評価試験を行った。

1. 被削性評価

試験片としては、この加工後、再度焼きなまし処理したものを、焼きなまし（SA）後の被削性評価試験片とし、他方、各グループの鋼材毎に、表 1 2 に示す条件にて硬化熱処理を行い、硬化熱処理（HT）後の被削性評価試験片とした。被削性の評価は、被切削加工時の工具摩耗量により評価する。切削工具は、2 枚刃 $\phi 10\text{ mm}$ のハイス・エンドミルを使用し、深さ 5 mm の溝加工、切削速度 25 mm/min 、送り速度 0.02 mm/刃 、乾式の条件でエンドミル工具横逃げ面の平均摩耗幅（ $V_{\text{bave}}(\text{mm})$ ）が 0.3 mm となる切削距離により評価する。なお、切削距離は、被削性向上元素が添加されておらず、快削性付与化合物相の形成もされていない従来鋼を基準として、結果を表 5、表 8、表 1 1 に相対値により表示している。

【0061】

【表 1 2】

	焼入条件	焼戻し条件	SA後硬さ	HT硬さ
Aグループ	$1050^{\circ}\text{C} \times 1\text{Hr} \rightarrow \text{油冷}$	$500^{\circ}\text{C} \times 6\text{Hr} \rightarrow \text{空冷} \cdot 2\text{回}$	HRC35	HRC50
Bグループ	$1030^{\circ}\text{C} \times 1\text{Hr} \rightarrow \text{油冷}$	$500^{\circ}\text{C} \times 4\text{Hr} \rightarrow \text{空冷} \cdot 2\text{回}$	HRC32	HRC53
	固溶化条件	時効硬化条件	SA後硬さ	ST-AG硬さ
Cグループ	$970^{\circ}\text{C} \times 1\text{Hr} \rightarrow \text{空冷}$	$610^{\circ}\text{C} \times 5\text{Hr} \rightarrow \text{空冷} \cdot 1\text{回}$	HRC20	HRC40

【0062】

2. 靱性評価

表 6 の硬化熱処理を行ったものにつき、シャルピー衝撃試験により、実施例 1 と同じ評価を行った。結果を表 5、表 8、表 1 1 に示している。

【0063】

3. 鏡面性評価

ダイヤモンド回転砥石による機械研磨により、砥石番手を $\#150 \rightarrow \#400 \rightarrow \#800 \rightarrow \#1500 \rightarrow \#3000$ と順に細かくして鏡面研磨を行い、JIS : B0601 (1994) に規定された方法により、研磨面上に任意に選んだ 5 箇所にて基準長 15 mm に表面粗さ測定を行い、算術平均粗さ R_a を前記 5 箇所の平均値として求めた。結果を表 5、表 8、表 1 1 に示している。

【 0 0 6 4 】

4. 塩水噴霧試験

J I S : Z 2 3 7 1 (1 9 9 4) に規定の方法により実施。試験後、腐食面積率により、以下の4段階にて評価した。A : 腐食せず、B : 腐食見られたが5%未満、C : 5%以上20%以下、D : 20%超。結果を表5、表8、表11に示している。

【 0 0 6 5 】

上記結果によると、本発明鋼は、発明外の快削鋼（各表に比較鋼と表示）と比べて、被削性、靱性（特に方向性）及び鏡面性の全てにおいて良好な結果が得られていることがわかる。また、適量のC r を添加することにより、塩水噴霧試験における耐食性も良好に確保できることがわかる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

実施例1の発明鋼N o . 6のX線回折プロファイルを示す図。

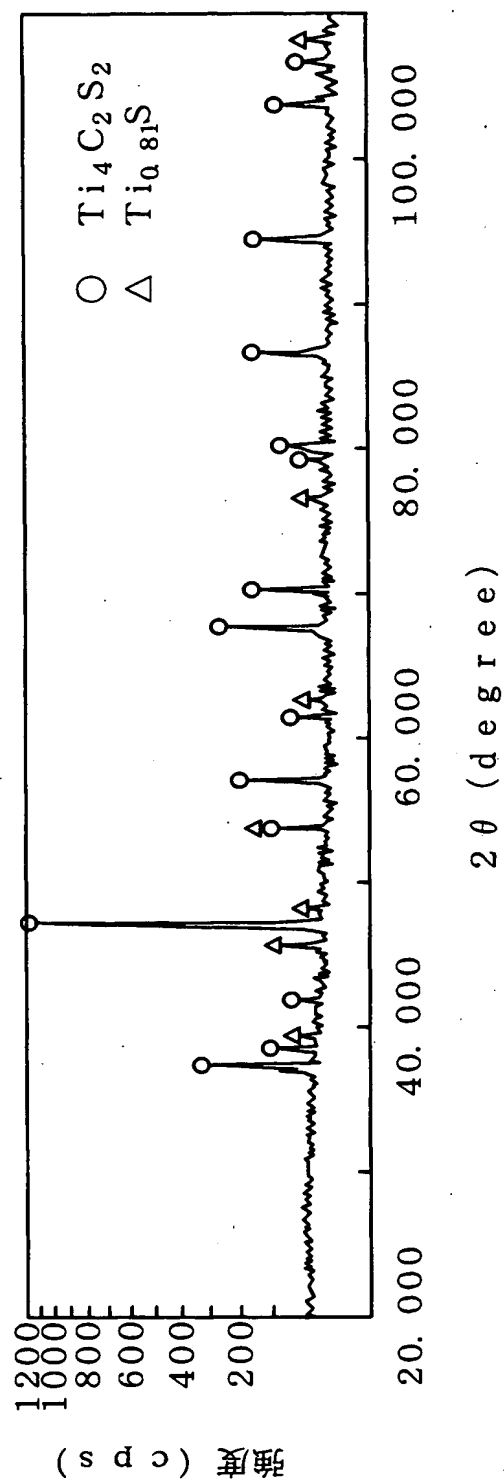
【図2】

実施例1の発明鋼N o . 6、及び比較鋼N o . 4の研磨断面における光学顕微鏡観察像を示す図。

【書類名】

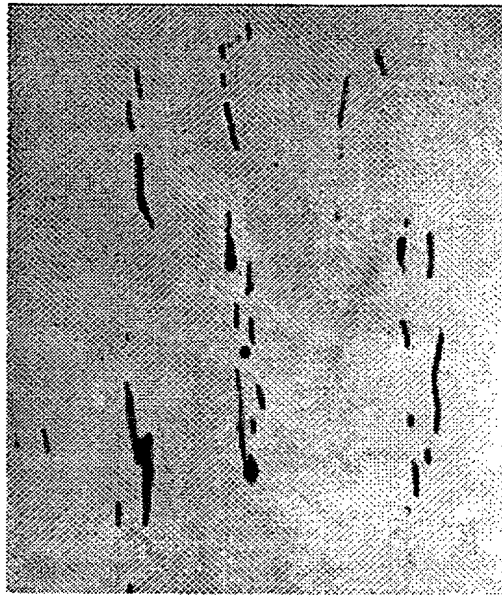
図面

【図1】



【図2】

50 μ m



比較鋼 No. 4



発明鋼 No. 6

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 優れた被削性を有するとともに、素材の鍛伸方向に関する機械的特性、特に靱性に異方性が生じにくい快削性工具鋼を提供する。

【解決手段】 主成分としてのFeと、0.001～0.6質量%のCを含有し

6質量%以下の範囲内にてNiを含有し、5質量%以下の範囲内にてCuを含有し、3質量%以下の範囲内にてAlを含有する。Tiの含有量をWTi(質量%)、Zrの含有量をWZr(質量%)として、 $X(\text{質量}\%) = WTi + 0.52WZr$ が0.03～3.5質量%となるようにTiとZrとのいずれかを含有し、さらに、Sの含有量をWS(質量%)、Seの含有量をWSe(質量%)、Teの含有量をWTe(質量%)として、 $Y(\text{質量}\%) = WS + 0.4WSe + 0.25WTe$ が0.01～1質量%となるようにSとSeとTeとから選ばれる1種又は2種以上を含有する。そして、工具鋼組織中に、Ti及び／又はZrを金属元素成分の主成分とし、該金属元素成分との結合成分として、Cを必須とし、S、Se及びTeの少なくともいずれかを含有する快削性付与化合物相が組織中に分散形成されている。

【選択図】 なし

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 1 - 2 7 8 5 7 9
受付番号	5 0 1 0 1 3 5 1 4 3 4
書類名	特許願
担当官	東海 明美 7 0 6 9
作成日	平成 1 3 年 1 2 月 5 日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	591149229
【住所又は居所】	宮城県仙台市青葉区上杉 3 丁目 5 番 2 0 号
【氏名又は名称】	石田 清仁

【特許出願人】

【識別番号】	301021533
【住所又は居所】	東京都千代田区霞が関 1 - 3 - 1
【氏名又は名称】	独立行政法人産業技術総合研究所

【特許出願人】

【識別番号】	599125467
【住所又は居所】	宮城県柴田郡柴田町西船迫 4 - 1 - 3.4
【氏名又は名称】	及川 勝成

【特許出願人】

【識別番号】	000003713
【住所又は居所】	愛知県名古屋市中区錦一丁目 1 1 番 1 8 号
【氏名又は名称】	大同特殊鋼株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】	100095751
【住所又は居所】	愛知県名古屋市中区栄二丁目 9 番 3 0 号 栄山吉ビル 菅原国際特許事務所
【氏名又は名称】	菅原 正倫

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [591149229]

1. 変更年月日 1991年 6月13日
[変更理由] 新規登録
住 所 宮城県仙台市青葉区上杉3丁目5番20号
氏 名 石田 清仁

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [301021533]

1. 変更年月日	2001年 4月 2日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区霞が関1-3-1
氏 名	独立行政法人産業技術総合研究所

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [599125467]

1. 変更年月日 1999年 9月10日
[変更理由] 住所変更
住 所 宮城県柴田郡柴田町西船迫4-1-34
氏 名 及川 勝成

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000003713]

1. 変更年月日 1990年 8月27日

[変更理由] 新規登録

住 所 愛知県名古屋市中区錦一丁目11番18号

氏 名 大同特殊鋼株式会社